

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
4. Januar 2001 (04.01.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/01566 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>:

H03G

(72) Erfinder; und

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/EP00/04798

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): VIERTHALER,  
Matthias [DE/DE]; Blasiusstrasse 2, D-79108 Freiburg  
(DE). WINTERER, Martin [DE/DE]; Bundesstrasse  
106, D-79194 Gundelfingen (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

26. Mai 2000 (26.05.2000)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(74) Anwalt: WESTPHAL, MUSSGNUG & PARTNER;  
Waldstrasse 33, D-78048 Villingen-Schwenningen (DE).

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, KR, US.

(30) Angaben zur Priorität:

199 28 420.2 23. Juni 1999 (23.06.1999) DE

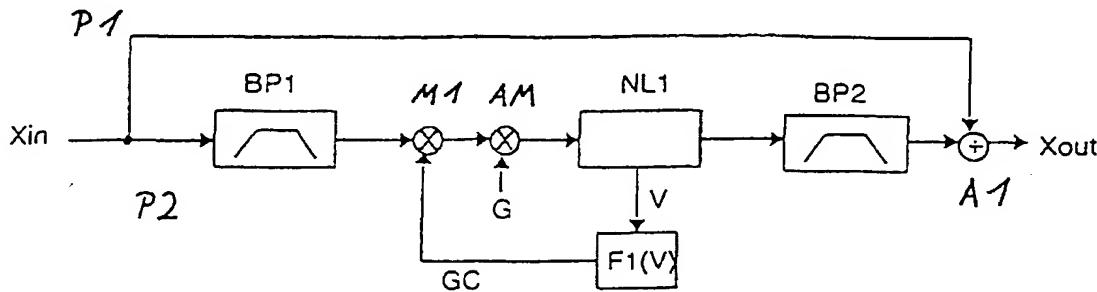
(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): MICRONAS GMBH [DE/DE]; Hans-Bunte-Strasse 19, D-79108 Freiburg (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PROCESSING AN AUDIO SIGNAL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR VERARBEITUNG EINES AUDIOSIGNALES



**A2**  
**WO 01/01566**

(57) Abstract: A known technique to compensate speaker frequency response and convey the illusion of more powerful bass sounds to the listener is to divide the audio signal into a first and a second way, whereby harmonic waves of lower frequency signal fractions are produced and mixed with the signal of the first way. In order to improve reproduction in speakers with deficient bass range, the audio signal is band-pass filtered (BP1) in the second way (P2) with a weighted (M1) correction factor GC, it is amplified with an amplification factor G (AM) and it is then limited to a maximum value (NL1). The audio signal is finally band-pass filtered (BP2) once again before being added to the original audio signal (Xin) in the first way (P1). The correction factor GC is reduced if the maximum value is exceeded. Said factor remains otherwise constant or is increased. These measures make it possible to produce upper harmonic waves using a lower frequency audio signal and to mix said upper harmonic waves with the original audio signal.

(57) Zusammenfassung: Um den Frequenzgang von Lautsprechern zu kompensieren und um dem Zuhörer die Illusion klangvoller Bässe zu vermitteln, ist es bekannt, ein Audiosignal in einen ersten und einen zweiten Pfad aufzuteilen, wobei im zweiten Pfad Oberwellen der Signalanteile tiefer Frequenz erzeugt und mit dem Signal des ersten Pfades gemischt werden. Um die Wiedergabe von insbesondere im Baßbereich schwach ausgelegten Lautsprechern zu verbessern, wird das Audiosignal im zweiten Pfad (P2) bandpaßgefiltert (BP1), mit einem Korrekturfaktor GC gewichtet (M1), mit einem Verstärkungsfaktor G (AM) verstärkt, anschließend auf einen Höchstwert begrenzt (NL1) und schließlich nochmals bandpaßgefiltert (BP2), ehe es zum ursprünglichen Audiosignal (Xin) im ersten Pfad (P1) addiert wird. Der Korrekturfaktor GC wird bei Überschreiten des Höchstwertes verkleinert, während er ansonsten konstant bleibt oder erhöht wird. Durch diese Maßnahmen werden bei Einsetzen eines Audiosignales tiefer Frequenz Oberwellen erzeugt und mit dem ursprünglichen Audiosignal gemischt.



**Veröffentlicht:**

- Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**Beschreibung****Verfahren zur Verarbeitung eines Audiosignales**

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsa-  
ordnung zur Verarbeitung eines Audiosignals, das über einen  
ersten Pfad am ersten Eingang eines ersten Addierers anliegt.

Derartige Verfahren und Schaltungsvorrichtungen werden in

- 10 Geräten zur akustischen Wiedergabe eingesetzt, wie z. B.  
Fernsehgeräte, Rundfunkempfänger oder Stereoanlagen, um den  
Frequenzgang der Lautsprecher zu kompensieren, die akustische  
Wiedergabe zu verbessern, sowie eine Übersteuerung des Gerä-  
tes bzw. der Anlage zu verhindern.

- 15 Das am meisten kritische Glied in einem Gerät zur akustischen  
Wiedergabe ist der Lautsprecher, dessen Schalldruck unterhalb  
einer baubedingten Grenzfrequenz mit etwa 40 db pro Dekade  
abfällt, was der Übertragungsfunktion eines Filters zweiter  
20 Ordnung entspricht. Baßreflex- und Transmissionline-Lautspre-  
cher haben dagegen Übertragungsfunktionen, die einem Filter  
höherer Ordnung entsprechen. Die untere Grenzfrequenz liegt  
typischerweise zwischen etwa 50 Hz und 200 Hz. Je tiefer die  
Grenzfrequenz eines Lautsprechers ausfällt, desto teurer wird  
25 seine Herstellung. Preisgünstige Geräte wie z. B. Fernseher  
oder tragbare Rundfunkempfänger sind daher mit einfacheren  
Lautsprechern ausgerüstet, deren untere Grenzfrequenz ver-  
hältnismäßig hoch liegt. Um die akustische Wiedergabe im un-  
teren Frequenzbereich zu verbessern, wird die Grenzfrequenz  
30 durch Vorverstärkung der tiefen Frequenzen nach unten ver-  
schoben, was jedoch zu einer Übersteuerung des Endverstärkers  
und der Lautsprecher führen kann. Um eine Übersteuerung und  
möglicherweise dadurch sogar bedingte Zerstörung der Endver-  
stärker oder der Lautsprecher zu verhindern, wird das Aus-  
35 gangssignal des Baßverstärkers derart rückgekoppelt, daß bei  
großem Ausgangssignal die Verstärkung der tieferen Frequenzen  
verringert wird. Ein derartiges Verfahren ist aus der US-PS

5,305,388 bekannt.

In der US-PS 5,359,665 ist eine Schaltungsanordnung beschrieben, in der das Audiosignal unmittelbar über einen ersten Pfad dem ersten Eingang eines Addierers zugeführt wird, während es gleichzeitig über einen zweiten Pfad über einen Tiefpaß und einen Verstärker mit variabler Verstärkung dem zweiten Eingang des Addierers zugeführt wird. Der Ausgang des Verstärkers ist über einen Signalpegeldetektor auf seinen Steuereingang rückgekoppelt. Durch diese Maßnahme wird eine Übersteuerung der Endverstärker verringert.

Aus den Forschungsergebnissen der Psychoakustik ist es bekannt, daß ein Mensch die Grundtonhöhe eines Tones auch dann noch eindeutig bestimmen kann, wenn die Grundfrequenz im Spektrum überhaupt nicht vorhanden ist, sondern nur noch Harmonische der Grundfrequenz. Diesen psychoakustischen Effekt macht man sich zu Nutze, indem die harmonische der Grundfrequenz erzeugt und einem Lautsprecher zugeführt wird, dessen Grenzfrequenz oberhalb dieser Grundfrequenz liegt. Ein Hörer glaubt daher, diese tiefe Grundfrequenz zu hören, obwohl sie der Lautsprecher überhaupt nicht abstrahlt.

Aus der US-PS 5,668,885 ist eine Schaltungsanordnung bekannt, die einem Lautsprecher mit verhältnismässig hoher unterer Grenzfrequenz dadurch tiefere Frequenzen als seine Grenzfrequenz "entlockt", daß Harmonische der tieferen Frequenzen erzeugt werden. Das Audiosignal liegt über einen ersten Pfad am ersten Eingang eines Addierers. In einem zweiten Pfad wird das Audiosignal tiefpaßgefiltert, gleichgerichtet, nochmals tiefpaßgefiltert und anschließend verstärkt dem zweiten Eingang des Addierers zugeführt.

In der US-PS 4,150,253 sind ebenfalls ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung beschrieben, bei denen ein Audiosignal auf zwei Signalpfade aufgeteilt wird. Im ersten Pfad durchläuft das Audiosignal einen Hochpaß, um die Phase in Abhän-

gigkeit von der Frequenz zu verschieben. Die Signale am Ausgang des Hochpasses, deren Pegel einen vorgegebenen Wert überschreitet, werden dem Eingang eines Generators zur Erzeugung der Harmonischen der Grundfrequenz zugeführt. Der Pegel

5 der Signale am Ausgang des Generators wird auf einen Wert gedämpft, der unterhalb des Pegels des ursprünglichen Audiosignales liegt. Dieses gedämpfte Signal und das ursprüngliche Audiosignal werden miteinander addiert.

10 Aus der US-PS 4,700,390 ist ein sogenannter Synthesizer bekannt, bei dem sowohl für die unteren als auch für die höheren Frequenzen die Harmonischen erzeugt werden und zum ursprünglichen Audiosignal addiert werden, um eine bessere Wiedergabe sowohl im tiefen als auch im hohen Frequenzbereich zu  
15 erzielen.

In der US-PS 5,771,296 ist ebenfalls eine Schaltungsanordnung bekannt, bei der das Audiosignal über einen ersten Pfad unmittelbar einem Addierer zugeführt wird, während in einem zweiten Pfad die Harmonischen der unteren Frequenzen erzeugt werden und im Addierer zum ursprünglichen Signal addiert werden, um einem Hörer gewissermaßen vorzugaukeln, daß ein Lautsprecher tiefere Frequenzen abstrahlt, als es tatsächlich der Fall ist.

25 Schließlich ist in der US-PS 4,739,514 eine weitere Schaltungsanordnung zur Verbesserung der akustischen Wiedergabe tiefer Frequenzen bekannt. Auch bei dieser Schaltungsanordnung liegt das Audiosignal über einen ersten Pfad am ersten Eingang eines Addierers, während es über einen zweiten Pfad, 30 in welchem ein Verstärker mit variabler Verstärkung und ein Bandpaß in Reihe liegen, dem zweiten Eingang des Addierers zugeführt wird. Ein Signalpegeldetektor, an dessen Eingang das Audiosignal liegt, steuert die Verstärkung des Verstärkers.  
35

Alle angeführten bekannten Verfahren und Schaltungsanordnun-

gen haben den Nachteil, daß sie wegen der Rückkopplung verhältnismässig langsam auf steigende Amplituden reagieren und deshalb trotz der Rückkopplung zu Übersteuerung neigen.

5 Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Schaltungsanordnung gemäß Oberbegriff des Anspruchs 9 so zu gestalten, daß der Frequenzgang eines Lautsprechers kompensiert, seine akustische Wiedergabe verbessert sowie eine Übersteuerung des gesamten Wiedergabesystems insbesondere im Bereich der tiefen Frequenzen verhindert wird.  
10

Die Erfindung löst diese Aufgabe verfahrensmässig dadurch, daß das Audiosignal in einem zweiten Pfad mittels eines ersten Bandpasses bandbegrenzt wird, daß das bandbegrenzte Audiosignal am Ausgang des ersten Bandpasses mit einem Korrekturfaktor GC multipliziert, mit einem Verstärkungsfaktor G verstärkt und anschließend seine Amplitude mittels eines ersten nichtlinearen Schaltkreises auf einen vorgebbaren Höchstwert begrenzt wird, daß der Korrekturfaktor GC bei Überschreiten des vorgebbaren Höchstwertes verkleinert, ansonsten dagegen konstant bleibt oder erhöht wird, daß das Audiosignal am Ausgang des ersten nichtlinearen Schaltkreises mittels eines zweiten Bandpasses bandbegrenzt wird und daß das bandbegrenzte Audiosignal am Ausgang des zweiten Bandpasses im Addierer zum Audiosignal des ersten Pfades addiert wird.  
20  
25

Die Erfindung löst diese Aufgabe vorrichtungsmässig dadurch, daß das Audiosignal über einen zweiten Pfad, in welchem in Reihe ein erster Bandpass, ein erster Multiplizierer, ein Verstärker mit variabler Verstärkung, ein erster nichtlinearer Schaltkreis und ein zweiter Bandpass liegen, dem zweiten Eingang des Addierers zugeführt wird, daß der Steuerausgang des ersten nichtlinearen Schaltkreises mit dem Eingang eines ersten Funktionsgenerators verbunden ist, dessen Ausgang mit dem zweiten Eingang des Multiplizierers verbunden ist, und daß am Steuereingang des Verstärkers eine Steuergröße an-

liegt.

Die Erfindung wird nun anhand der in den Figuren der Zeichnung abgebildeten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele beschrieben und erläutert.

In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung,

10 Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung und

15 Fig. 4 ein vierter Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Anhand des in Fig. 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung wird das erfindungsgemäße Verfahren beschrieben und erläutert.

20 In der Fig. 1 wird ein Audiosignal  $X_{in}$  über einen ersten Pfad P1 dem ersten Eingang eines ersten Addierers A1 und über einen zweiten Pfad P2, der als Reihenschaltung aus einem ersten Bandpaß BP1, einem ersten Multiplizierer M1, einem Verstärker AM mit variabler Verstärkung, einem ersten nichtlinearen Schaltkreis NL1 sowie einem zweiten Bandpaß BP2 aufgebaut ist, dem zweiten Eingang des Addierers A1 zugeführt, an dessen Ausgang das Ausgangsaudiosignal  $X_{out}$  abnehmbar ist. Ein Steuerausgang des ersten nichtlinearen Schaltkreises NL1 ist mit dem Eingang eines Funktionsgenerators F1 verbunden, dessen Ausgang mit dem ersten Multiplizierer M1 verbunden ist. 30 Am Steuereingang des Verstärkers AM liegt eine Steuergröße G.

35 Das Audiosignal  $X_{in}$  wird durch das erste Bandpaßfilter BP1 bandbegrenzt. Anschließend wird das Audiosignal mit einem variablen Korrekturfaktor GC im Multiplizierer M1 multipliziert. Das Produkt am Ausgang des Multiplizierers M1 wird im

Verstärker AM mit dem Verstärkungsfaktor G verstärkt. Der nichtlineare Schaltkreis NL1 begrenzt die Amplitude des vom Verstärker AM gelieferten Audiosignales auf einen vorgebbaren Wert. Das Ausgangssignal des nichtlinearen Schaltkreises NL1 wird mittels des Bandpaßfilters BP2 bandbegrenzt. Der nichtlineare Schaltkreis NL1 erzeugt eine Kontrollvariable V, aus der der Funktionsgenerator F1 den Korrekturfaktor GC erzeugt. Dieser Korrekturfaktor GC wird vom Funktionsgenerator F1 in Abhängigkeit von der Kontrollvariablen V derart verändert, daß er bei Übersteuerung verringert wird. Liegt dagegen der Pegel des Audiosignals innerhalb der zugelassenen Grenzen, so wird der Korrekturfaktor GC vom Funktionsgenerator F1 vergrößert, höchstens jedoch bis zum Wert 1.

Es wird nun das in der Fig. 2 abgebildete zweite Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben und zusammen mit dem ersten Ausführungsbeispiel aus der Fig. 1 erläutert.

Beim zweiten Ausführungsbeispiel in der Fig. 2 ist der Funktionsgenerator F1 als Tiefpaß TP1 und der erste nichtlineare Schaltkreis NL1 als Begrenzer realisiert, der die Signalamplitude oberhalb eines vorgebbaren Schwellwerts abschneidet.

Wenn die Signalamplitude den vorgegebenen Schwellwert überschreitet, gibt der nichtlineare Schaltkreis NL1 die Steuervariable V mit dem negativen Wert V1 an den Tiefpaß TP1 ab, während sie bei einer Signalamplitude, die unterhalb des vorgegebenen Schwellwertes liegt, eine Kontrollvariable V mit einem positiven Wert V2 erzeugt. Durch Filterung der Kontrollvariablen V mittels des Tiefpasses TP1 wird der Korrekturfaktor GC für den Multiplizierer M1 erzeugt.

Durch die nichtlineare Operation im nichtlinearen Schaltkreis NL1, welcher die Amplituden des Audiosignales auf einen vorgebbaren Schwellwert begrenzt, werden Audiosignale mit den unteren Frequenzen erzeugt, die auch Oberwellen des Baßsignales genannt werden. Die Form dieser Oberwellen wird durch die

Wahl der nichtlinearen Operation im nichtlinearen Schaltkreis NL1 und die Dimensionierung des Bandpaßfilters BP2 bestimmt. Durch eine günstige Form dieser Oberwellen, die z. B. durch Berechnung oder durch Versuch ermittelt werden kann, erscheint dem Hörer der Beginn eines Audiosignales mit tiefen Frequenzen, z. B. der Anschlag einer Trommel, deutlicher und klarer. Durch Wahl der Funktion des Funktionsgenerators F1 wird die Zeit bestimmt, die vergeht, bis nach dem Einsatz eines starken tieffrequenten Tones der Korrekturfaktor GC so stark verringert ist, daß durch den nichtlinearen Schaltkreis NL1 keine Oberwellen mehr erzeugt werden. Die Größe dieser Zeitspanne, die als Zeitkonstante zu betrachten ist, wird durch die Dimensionierung des Tiefpasses TP1 und die Wahl der beiden Kontrollvariablen V1 und V2 bestimmt.

Durch die oben beschriebenen erfinderischen Maßnahmen werden folgende Wirkungen erzielt:  
Bei kleiner Signalamplitude arbeitet der Verstärker mit voller Verstärkung und kompensiert so teilweise die Frequenzcharakteristik eines Lautsprechers. Ist die Signalamplitude dagegen groß, so kann die Frequenzcharakteristik des Lautsprechers nur leicht kompensiert werden, weil er sonst übersteuert würde. Bei Einsetzen eines Baßsignales wird dieses Baßsignal mit Oberwellen angereichert, so daß ein Hörer trotz eines fehlenden Baßvolumens beim Lautsprecher das Empfinden hat, die Baßfrequenzen klar und deutlich zu hören.

Es wird nun das in der Fig. 3 abgebildete dritte Ausführungsbeispiel der Erfundung beschrieben und erläutert.  
Beim dritten Ausführungsbeispiel in der Fig. 3 ist der nichtlineare Schaltkreis NL1 ausführlich dargestellt. Der nichtlineare Schaltkries NL1 ist aus einem nichtlinearen Schaltkreis NL2 und einem Funktionsgenerator F2 aufgebaut. Das Eingangssignal des nichtlinearen Schaltkreises NL1 - das ist das Ausgangssignal des Verstärkers AM - wird dem Eingang des nichtlinearen Schaltkreises NL2 und dem Eingang des

Funktionsgenerators F2 zugeführt, dessen Ausgang mit dem Steuereingang des nichtlinearen Schaltkreises NL2 verbunden ist. Der Signalausgang des nichtlinearen Schaltkreises NL2 ist mit dem Eingang des Bandpasses BP2 verbunden, während der 5 Steuerausgang des nichtlinearen Schaltkreises NL2 mit dem Funktionsgenerator F1 oder mit dem Tiefpaß TP1 verbunden ist.

Der nichtlineare Schaltkreis NL2 erzeugt kontinuierlich Oberwellen der tieffrequenten Anteile des Audiosignales, die vom 10 Funktionsgenerator F2 mit dem variablen Faktor NG gewichtet werden, der eine Funktion des Eingangssignales ist. Je nach Wahl der Funktion des Funktionsgenerators F2 lassen sich vielfältige akustische Effekte erzeugen.

15 Der Funktionsgenerator F2 kann beispielsweise so gestaltet sein, daß im nichtlinearen Schaltkreis NL2 verstärkt Oberwellen erzeugt werden, sobald die Signalamplitude begrenzt werden muß, um einer Übersteuerung gegenzusteuern. Durch diese Maßnahme wird die Signalenergie auf die höherfrequenten Oberwellen verteilt, die ein Lautsprecher oder ein Lautsprecher- 20 system besser wiedergeben kann. Obwohl nun die Energie der tieferfrequenten Signalanteile verringert wird, entsteht für den Hörer trotzdem der Eindruck eines vollen Baßklanges infolge der bereits erwähnten Psychoakustischen Effekte.

25 Es wird nun das in der Fig. 4 gezeigte vierte Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben und erläutert.

In der Fig. 4 ist ein beispielhafter Aufbau des nichtlinearen 30 Schaltkreises NL2 und ein beispielhafter Aufbau des Funktionsgenerators F2 im einzelnen gezeigt.

Das Eingangssignal des nichtlinearen Schaltkreises NL1, das Ausgangssignal des Verstärkers AM, liegt am ersten Eingang 35 eines Addierers A2, am Eingang eines Absolutwertbildners ABS sowie am Eingang eines Spitzenwertdetektors PK, dessen Ausgang mit dem Eingang eines Tiefpasses TP2 und eines Tiefpas-

ses TP3 verbunden ist. Der Ausgang des Tiefpasses TP2 ist mit dem ersten Eingang und der Ausgang des Tiefpasses TP3 mit dem zweiten Eingang eines Subtrahierers S verbunden, dessen Ausgang über einen Begrenzer LIM1 mit dem ersten Eingang eines Multiplizierers M2 verbunden ist. Der Ausgang des Absolutwertbildners ABS ist mit dem zweiten Eingang des Multiplizierers M2 verbunden, dessen Ausgang mit dem zweiten Eingang des Addierers A2 verbunden ist. Der Ausgang des Addierers A2 ist mit dem Eingang eines Begrenzers LIM 2 verbunden, dessen Steuerausgang die Kontrollvariable V an den Funktionsgenerator F1 oder den Tiefpass TP1 abgibt und dessen Ausgang mit dem Eingang des Bandpasses BP2 verbunden ist, an dessen Ausgang das Ausgangssignal für einen Lautsprecher oder ein Lautsprechersystem abnehmbar ist.

Der Spitzenwertdetektor PK bestimmt den Betrag der während eines vorgebbaren Zeitraums T vorkommenden maximalen Amplitude. Das Ausgangssignal des Spitzenwertdetektors PK wird durch die beiden Tiefpässe TP2 und TP3 zeitlich gemittelt. Die Zeitkonstante des Tiefpasses TP3 ist kleiner gewählt als die des Tiefpasses TP2, d. h. daß die Eckfrequenz des Tiefpasses TP3 mit der kleineren Zeitkonstanten höher ist als die des Tiefpasses TP2 mit der größeren Zeitkonstanten. Wegen der kleineren Zeitkonstanten folgt das Ausgangssignal des Tiefpasses TP3 einer Änderung des Eingangssignals schneller als das Ausgangssignal des Tiefpasses TP2. Der Absolutwertbildner ABS bildet den Absolutwert des Eingangssignales, der im Multiplizierer M2 mit dem vom Subtrahierer S erzeugten Faktor NG gewichtet wird, dessen Wert vom Begrenzer LIM1 nach oben auf 1 und nach unten auf 0 begrenzt wird. Der gewichtete Absolutwert des Eingangssignales wird im Addierer A2 zum Eingangssignal addiert, und die so gebildete Summe wird mittels des Begrenzers LIM2 auf eine vorgebbare Amplitude begrenzt, um Übersteuerung zu verhindern.

Wenn nun z. B. die Amplitude des Eingangssignales sprunghaft ansteigt, so wird der Pegel am Ausgang des Tiefpasses TP3

wegen der kleineren Zeitkonstanten schneller ansteigen als am Ausgang des Tiefpasses TP2. Dadurch nimmt der Faktor NG, der als Steuervariable zu sehen ist, einen positiven Wert für ansteigende Amplituden im Eingangssignal an. Je stärker der 5 Anstieg der Amplituden des Eingangssignales ausfällt, desto mehr Oberwellen werden erzeugt und dem Eingangssignal beigemischt. Dagegen wird bei fallender Amplitude der Faktor NG negativ, weil nun der Pegel am Ausgang des Tiefpasses TP3 wegen der kleineren Zeitkonstanten kleiner wird als der Pegel 10 am Ausgang des Tiefpasses TP2. Weil der Faktor NG nach unten hin zu Null begrenzt ist, werden bei fallenden Amplituden dem Audiosignal keine Oberwellen mehr beigemischt.

Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung liegt darin, daß die 15 nichtlineare Operation des nichtlinearen Schaltkreises NL1 und die Funktion des Funktionsgenerators F1 die Form der Oberwellen sowie den Zeitpunkt ihrer Erzeugung bestimmen. Durch geschickte Wahl der nichtlinearen Operation des nichtlinearen Schaltkreises und der Funktion des Funktionsgenera- 20 tors läßt sich die Erfindung leicht an Lautsprecher unterschiedlicher Charakteristik anpassen, so daß stets eine optimale Kompensation des Frequenzganges eines Lautsprechers erzielt wird. Weil die Amplitude des Audiosignales durch den nichtlinearen Schaltkreis NL1 auf einen vorgebbaren Wert beschränkt wird, reagiert die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung wesentlich schneller als der Stand der Technik auf steigende Amplituden des Audiosignales.

Die Erfindung ist insbesondere für akustische Wiedergabegeräte, z. B. Fernsehgeräte, tragbare Rundfunkempfänger, geeignet, die mit Lautsprechern ausgerüstet sind, die im Baßbereich nur schwach ausgelegt sind, denn die Erfindung verhindert eine Übersteuerung des gesamten Wiedergabesystems und bietet gleichzeitig dem Zuhörer die Illusion klangvoller Bässe, obwohl die Lautsprecher diese tiefen Baßfrequenzen überhaupt nicht abstrahlen.

## Bezugszeichenliste

	P1	erster Pfad
	P2	zweiter Pfad
5	BP1	erster Bandpaß
	BP2	zweiter Bandpaß
	M1	erster Multiplizierer
	M2	zweiter Multiplizierer
	AM	Verstärker
10	NL1	erster nichtlinearer Schaltkreis
	NL2	zweiter nichtlinearer Schaltkreis
	F1	erster Funktionsgenerator
	F2	zweiter Funktionsgenerator
	G	Verstärkungsfaktor
15	GC	Korrekturfaktor
	NG	Faktor
	V1, V2	Steuervariable
	ABS	Absolutwertbildner
	PK	Spitzenwertdetektor
20	TP1	Tiefpaß
	TP2	Tiefpaß
	TP3	Tiefpaß
	S	Subtrahierer
	LIM1	Begrenzer
25	LIM2	Begrenzer
	Xin	Audiosignal
	Xout	Ausgangssignal

## Patentansprüche

1.

Verfahren zur Verarbeitung eines Audiosignales ( $X_{in}$ ), das  
über einen ersten Pfad ( $P_1$ ) dem ersten Eingang eines ersten  
Addierers ( $A_1$ ) zugeführt wird,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Audiosignal ( $X_{in}$ ) in einem zweiten Pfad ( $P_2$ ) mittels  
eines ersten Bandpasses ( $BP_1$ ) bandbegrenzt wird, daß das  
bandbegrenzte Audiosignal am Ausgang des ersten Bandpasses  
( $BP_1$ ) mit einem Korrekturfaktor ( $GC$ ) multipliziert, mit einem  
Verstärkungsfaktor  $G$  verstärkt und anschließend seine  
Amplitude mittels eines ersten nichtlinearen Schaltkreises  
( $NL_1$ ) auf einen vorgebbaren Höchstwert begrenzt wird, daß der  
Korrekturfaktor  $GC$  bei Überschreiten des vorgebbaren  
Höchstwertes verkleinert, ansonsten dagegen konstant bleibt  
oder erhöht wird, daß das Audiosignal am Ausgang des ersten  
nichtlinearen Schaltkreises ( $NL_1$ ) mittels eines zweiten  
Bandpasses ( $BP_2$ ) bandbegrenzt wird und daß das bandbegrenzte  
Audiosignal am Ausgang des zweiten Bandpasses ( $BP_2$ ) im  
Addierer ( $AD$ ) zum Audiosignal des ersten Pfades ( $P_1$ ) addiert  
wird.

2.

Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Korrekturfaktor  $GC$  eine Funktion  $F_1$  einer  
Kontrollvariablen  $V$  ist, die der erste nichtlineare  
Schaltkreis ( $NL_1$ ) erzeugt.

30

3.

Verfahren nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Korrekturfaktor ( $GC$ ) einen ersten Wert ( $V_1$ ) annimmt,  
wenn die Amplitude unter dem vorgebbaren Schwellwert liegt  
und einen zweiten Wert ( $V_2$ ) annimmt, wenn die Amplitude  
größer als der vorgebbare Schwellwert ist.

4.

Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Funktion F1 mittels eines ersten Tiefpasses (TP1)  
realisiert ist.

5.

Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der erste nichtlineare Schaltkreis (NL1) Oberwellen der  
tieffrequenten Signalanteile erzeugt und mit einem variablen  
Faktor NG gewichtet.

6.

Verfahren nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der variable Faktor NG eine Funktion F2 des Eingangssi-  
gnales des ersten nichtlinearen Schaltkreises (NL1) ist.

20 7.

Verfahren nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der erste nichtlineare Schaltkreis (NL1) zu Beginn eines  
tieffrequenten Signales verstärkt Oberwellen erzeugt.

25

8.

Verfahren nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß im ersten nichtlinearen Schaltkreis (NL1) gemäß der Funk-  
tion F2 das Eingangssignal des ersten nichtlinearen Schalt-  
kreises (NL1) von einem Spitzenwertdetektor (PK) detektiert  
wird, dessen Ausgangssignal in einem zweiten und einem drit-  
ten Tiefpass (TP2, TP3) mit unterschiedlichen Zeitkonstanten  
tiefpaßgefiltert wird und daß das Differenzsignal der beiden  
tiefpaßgefilterten Signale den variablen Faktor NG darstellt,  
daß der Absolutwert des Eingangssignales des ersten nicht-  
linearen Schaltkreises (NL1) mit diesem Faktor NG gewichtet

und zum Eingangssignal des ersten nichtlinearen Schaltkreises (NL1) zu einem Summenwert addiert wird, dessen Amplitude auf einen vorgebbaren Wert begrenzt wird.

5 9.

Schaltungsanordnung zur Verarbeitung eines Audiosignales (Xin), das über einen ersten Pfad (P1) dem ersten Eingang eines ersten Addierers (A1) zugeführt wird, an dessen Ausgang das Ausgangssignal (Xout) abnehmbar ist,

10 dadurch gekennzeichnet,

daß das Audiosignal (Xin) über einen zweiten Pfad (P2), der als Reihenschaltung aus einem ersten Bandpaß (BP1) einem ersten Multiplizierer (M1), einem Verstärker (AM) mit variabler Verstärkung, einem ersten nichtlinearen Schaltkreis (NL1) sowie einem zweiten Bandpaß (BP2) aufgebaut ist, dem zweiten Eingang des ersten Addierers (A1) zugeführt wird, daß ein Steuerausgang des ersten nichtlinearen Schaltkreises (NL1)

15 sowie einem zweiten Bandpaß (BP2) aufgebaut ist, dem zweiten Eingang des ersten Addierers (A1) zugeführt wird, daß ein Steuerausgang des ersten nichtlinearen Schaltkreises (NL1) mit dem Eingang ersten eines Funktionsgenerators (F1) verbunden ist, dessen Ausgang mit dem ersten Multiplizierer (M1)

20 verbunden

ist, und daß am Steuereingang des Verstärkers (AM) ein Verstärkungsfaktor (G) anliegt.

10.

25 Schaltungsanordnung nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet,

daß der erste Funktionsgenerator (F1) als ein erster Tiefpaß (TP1) ausgeführt ist.

30 11.

Schaltungsanordnung nach Anspruch 9 oder 10,

dadurch gekennzeichnet,

daß der erste nichtlineare Schaltkreis (NL1) aus einem zweiten nichtlinearen Schaltkreis (NL2) und einem zweiten Funk-

35 tionsgenerator (F2) aufgebaut ist, daß das Eingangssignal des ersten nichtlinearen Schaltkreises (NL1) am Eingang des zweiten nichtlinearen Schaltkreises (NL2) und am Eingang des

zweiten Funktionsgenerators (F2) liegt, dessen Ausgang mit dem Steuereingang des zweiten nichtlinearen Schaltkreises (NL2) verbunden ist, daß der Steuerausgang des zweiten nichtlinearen Schaltkreises (NL2) mit dem ersten Funktionsgenerator (F1) oder dem ersten Tiefpaß (TP1) verbunden ist und daß der Signalausgang des zweiten nichtlinearen Schaltkreises (NL2) mit dem Eingang des zweiten Bandpasses (BP2) verbunden ist.

10 12.

Schaltungsanordnung nach Anspruch 11,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß der zweite Funktionsgenerator (F2) aus einem Spitzenvwert-  
detektor (PK), aus einem zweiten und einem dritten Tiefpaß  
15 (TP2, TP3), einem ersten Begrenzer (LIM1) sowie einem Sub-  
trahierer (S) aufgebaut ist, daß der zweite nichtlineare  
Schaltkreis (NL2) aus einem Absolutwertbildner (ABS), einem  
zweiten Multiplizierer (M2), einem zweiten Addierer (A2) so-  
wie einem zweiten Begrenzer (LIM2) aufgebaut ist, daß das  
20 Eingangssignal des ersten nichtlinearen Schaltkreises (NL1)  
am ersten Eingang des zweiten Addierers (A2), am Eingang des  
Absolutwertbildners (ABS) und am Eingang des Spitzenvwertde-  
tektors (PK) liegt, dessen Ausgang mit dem Eingang des zweien  
Tiefpasses (TP2) und dem Eingang des dritten Tiefpasses  
25 (TP3) verbunden ist, daß der Ausgang des zweiten Tiefpasses  
(TP2) mit dem ersten Eingang und der Ausgang des dritten  
Tiefpasses (TP3) mit dem zweiten Eingang eines Subtrahierers  
(S) verbunden ist, dessen Ausgang über den ersten Begrenzer  
(LIM1) mit dem ersten Eingang des zweiten Multiplizierers  
30 (M2) verbunden ist, daß der Ausgang des Absolutwertbildners  
(ABS) mit dem zweiten Eingang des zweiten Multiplizierers  
(M2) verbunden ist, dessen Ausgang mit dem zweiten Eingang  
des zweiten Addierers (A2) verbunden ist, daß der Ausgang des  
zweiten Addierers (A2) mit dem Eingang des zweiten Begrenzers  
35 (LIM2) verbunden ist, dessen Steuerausgang mit dem ersten  
Funktionsgenerator (F1) oder dem ersten Tiefpaß (TP1) und  
dessen Ausgang mit dem Eingang des zweiten Bandpasses (BP2)

verbunden ist.

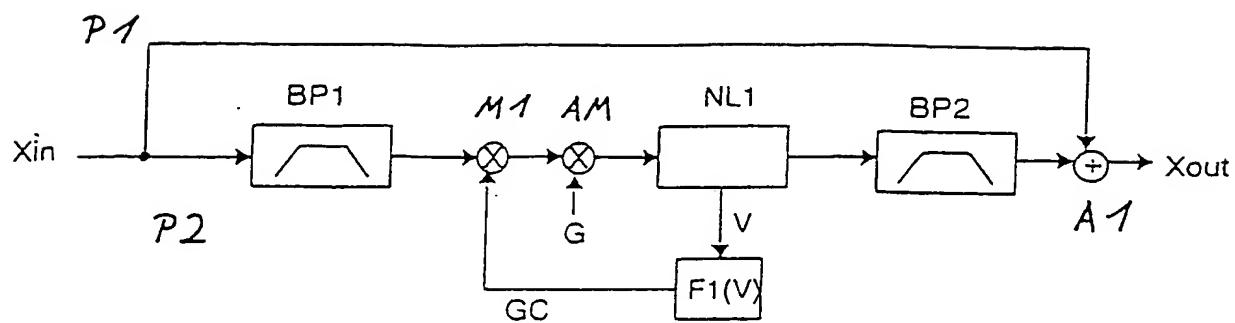


Fig. 1

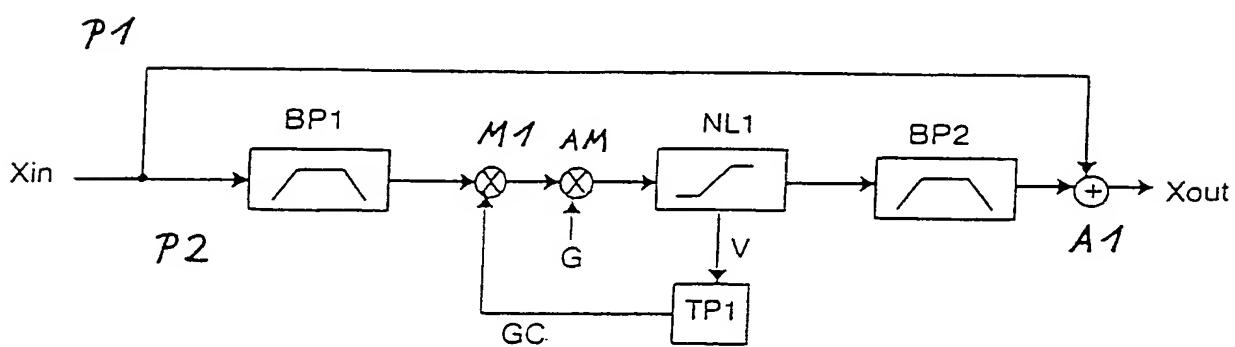


Fig. 2

**This Page Blank (uspto)**

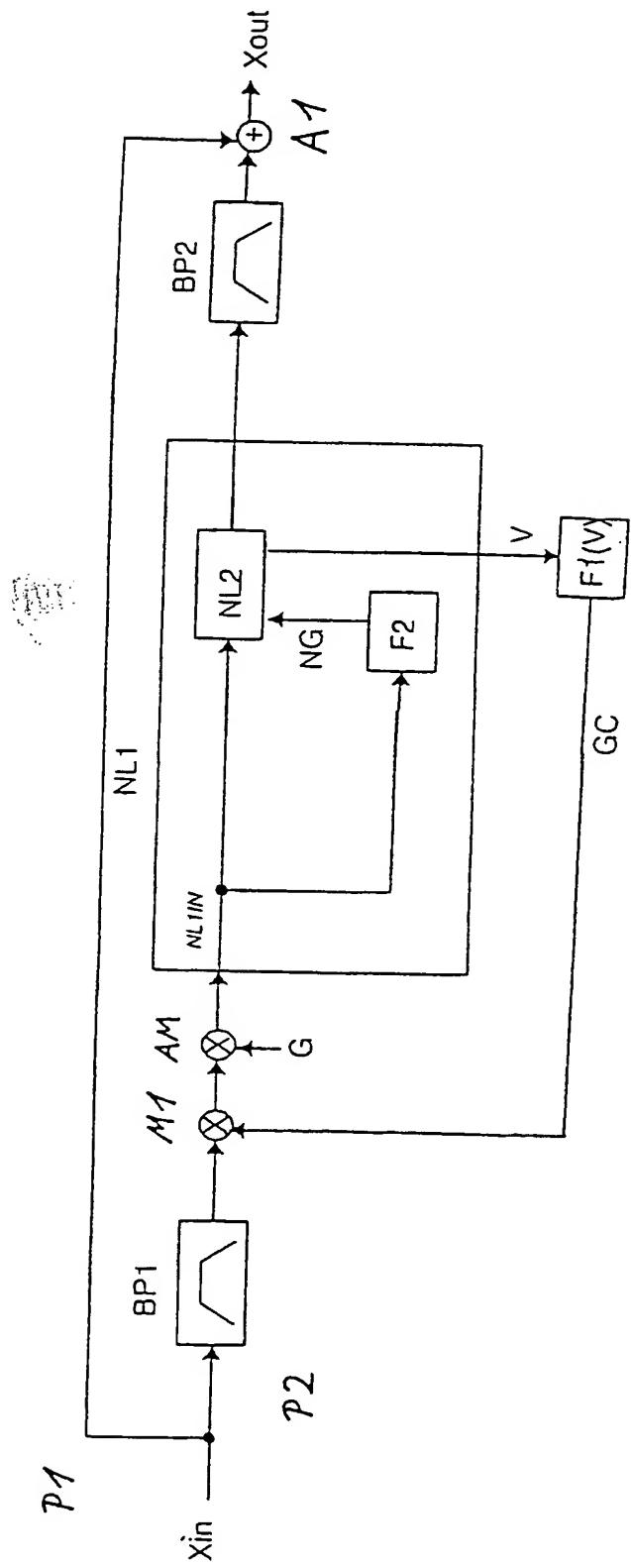


Fig. 3

This Page Blank (use)

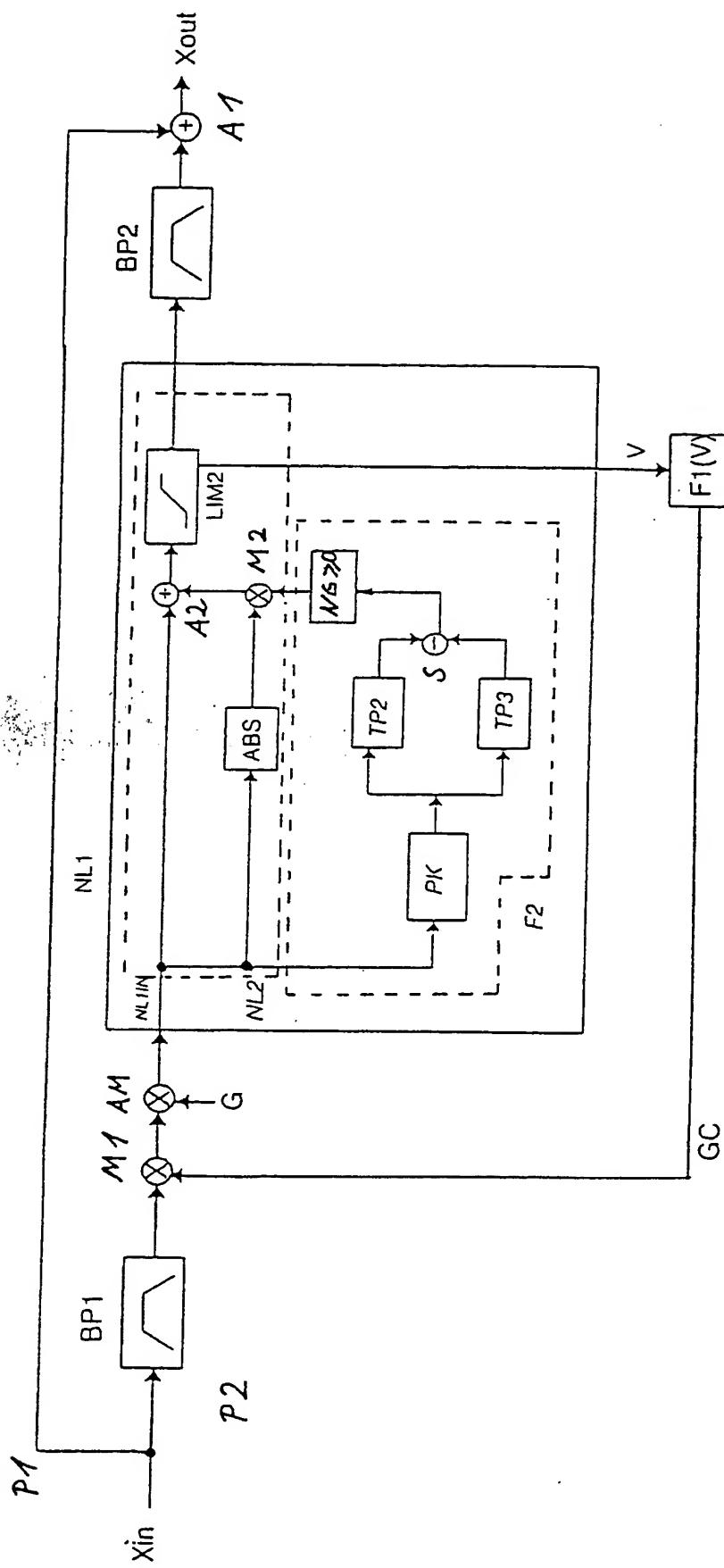


Fig. 4

This Page Blank (use

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
4. Januar 2001 (04.01.2001)

PCT

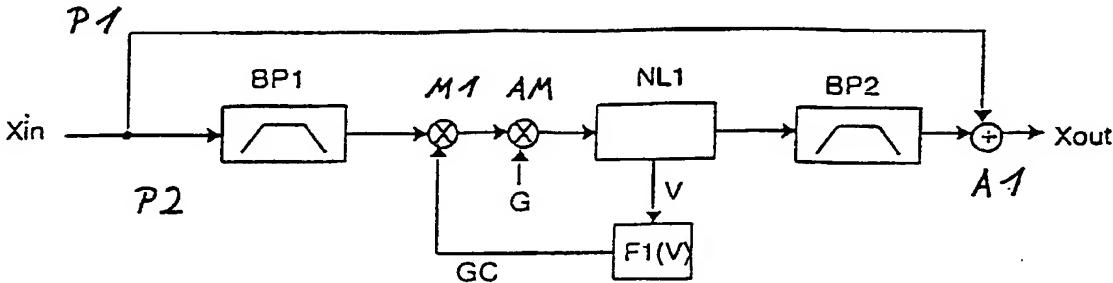
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/01566 A3**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H04R 3/04, (72) Erfinder; und  
H03G 5/16 (75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): VIERTHALER,  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/04798 Matthias [DE/DE]; Blasiusstrasse 2, D-79108 Freiburg  
(DE). WINTERER, Martin [DE/DE]; Bundesstrasse  
(22) Internationales Anmeldedatum: 26. Mai 2000 (26.05.2000) 106, D-79194 Gundelfingen (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (74) Anwalt: WESTPHAL, MUSSGNUG & PARTNER;  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch Waldstrasse 33, D-78048 Villingen-Schwenningen (DE).
- (30) Angaben zur Priorität: 199 28 420.2 23. Juni 1999 (23.06.1999) DE (81) Bestimmungsstaaten (*national*): CN, JP, KR, US.
- (71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): MICRONAS GMBH [DE/DE]; Hans-Bunte-Strasse 19, D-79108 Freiburg (DE). (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenbericht
- (88) Veröffentlichungsdatum des internationalen Recherchenberichts: 26. Juli 2001

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PROCESSING AN AUDIO SIGNAL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR VERARBEITUNG EINES AUDIOSIGNALES



(57) Abstract: A known technique to compensate speaker frequency response and convey the illusion of more powerful bass sounds to the listener is to divide the audio signal into a first and a second way, whereby harmonic waves of lower frequency signal fractions are produced and mixed with the signal of the first way. In order to improve reproduction in speakers with deficient bass range, the audio signal is band-pass filtered (BP1) in the second way (P2) with a weighted (M1) correction factor GC, it is amplified with an amplification factor G (AM) and it is then limited to a maximum value (NL1). The audio signal is finally band-pass filtered (BP2) once again before being added to the original audio signal (Xin) in the first way (P1). The correction factor GC is reduced if the maximum value is exceeded. Said factor remains otherwise constant or is increased. These measures make it possible to produce upper harmonic waves using a lower frequency audio signal and to mix said upper harmonic waves with the original audio signal.

(57) Zusammenfassung: Um den Frequenzgang von Lautsprechern zu kompensieren und um dem Zuhörer die Illusion klangvoller Bässe zu vermitteln, ist es bekannt, ein Audiosignal in einen ersten und einen zweiten Pfad aufzuteilen, wobei im zweiten Pfad Oberwellen der Signalanteile tiefer Frequenz erzeugt und mit dem Signal des ersten Pfades gemischt werden. Um die Wiedergabe von insbesondere im Baßbereich schwach ausgelegten Lautsprechern zu verbessern, wird das Audiosignal im zweiten Pfad (P2) bandpaßgefiltert (BP1), mit einem Korrekturfaktor GC gewichtet (M1), mit einem Verstärkungsfaktor G (AM) verstärkt, anschließend auf einen Höchstwert begrenzt (NL1) und schließlich nochmals bandpaßgefiltert (BP2), ehe es zum ursprünglichen Audiosignal (Xin) im ersten Pfad (P1) addiert wird. Der Korrekturfaktor GC wird bei Überschreiten des Höchstwertes verkleinert, während er ansonsten konstant bleibt oder erhöht wird. Durch diese Maßnahmen werden bei Einsetzen eines Audiosignales tiefer Frequenz Oberwellen erzeugt und mit dem ursprünglichen Audiosignal gemischt.

**WO 01/01566 A3**



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*